A Relatividade do Errado

Isaac Asimov

Outro dia eu recebi uma carta. Estava escrita à mão em uma letra ruim, tornando a leitura muito difícil. Não obstante, eu tentei devido à possibilidade de que fosse alguma coisa importante. Na primeira frase, o escritor me disse que estava se formando em literatura Inglesa, mas que sentia que precisava me ensinar ciência. (Eu suspirei levemente, pois conhecia muito poucos bacharéis em literatura inglesa equipados para me ensinar ciência, mas sou perfeitamente ciente do meu estado de vasta ignorância e estou preparado para aprender tanto quanto possa de qualquer um, então continuei lendo.)

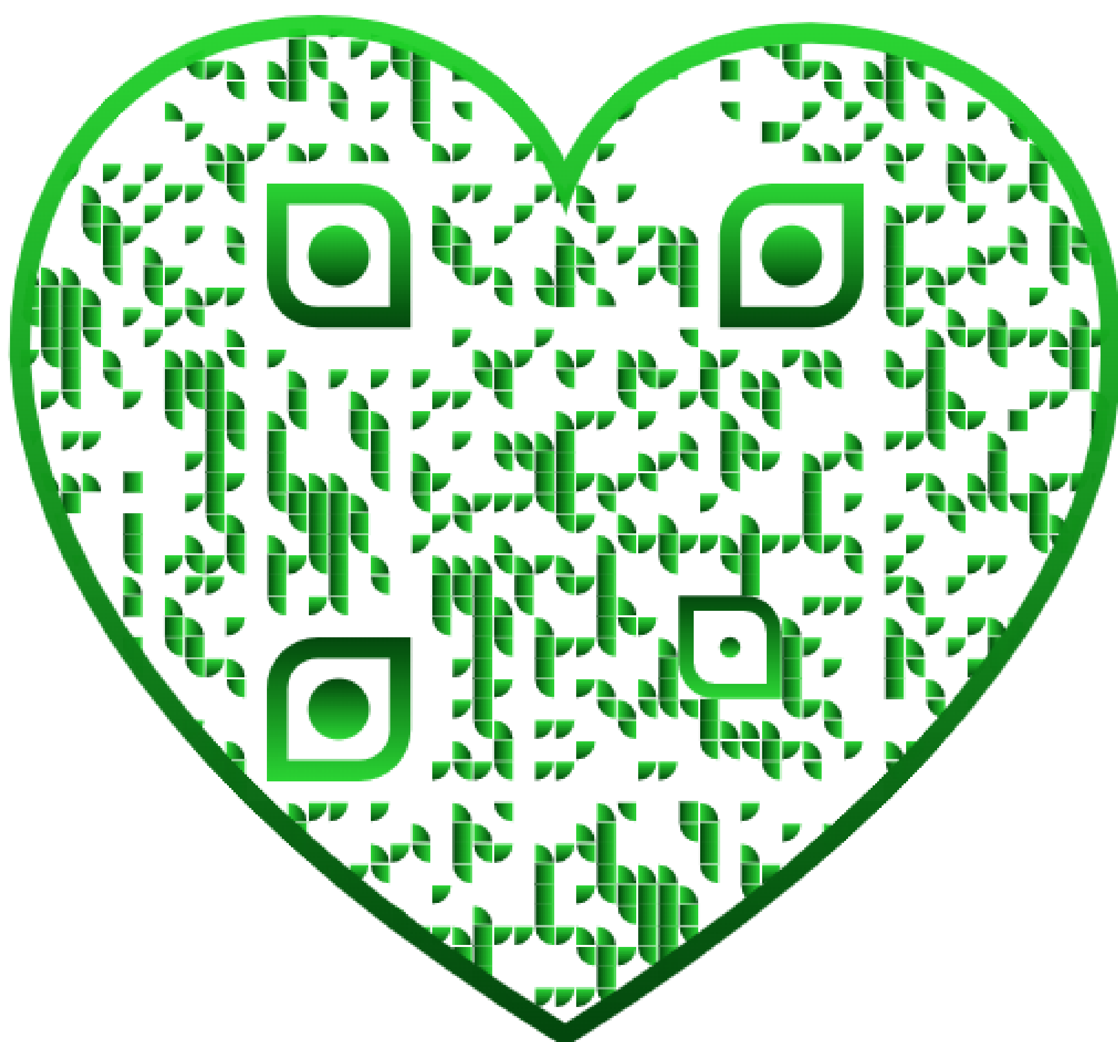
Parece que em um de meus inúmeros ensaios, eu expressei certa felicidade em viver em um século em que finalmente entendemos o básico sobre o universo.

Eu não entrei em detalhes, mas o que eu queria dizer era que agora nós sabemos as regras básicas que governam o universo, assim como as inter-relações gravitacionais de seus grandes componentes, como mostrado na teoria da relatividade elaborada entre 1905 e 1916. Também conhecemos as regras básicas que governam as partículas subatômicas e suas inter-relações, pois elas foram descritas muito ordenadamente pela teoria quântica elaborada entre 1900 e 1930. E mais, nós descobrimos que as galáxias e os aglomerados de galáxias são as unidades básicas do universo físico, como descoberto entre 1920 e 1930.

Veja, essas são todas descobertas do século vinte.

O jovem especialista em literatura inglesa, depois de me citar, continuou me dando uma severa bronca a respeito do fato que em todos os séculos as pessoas pensaram que finalmente haviam compreendido o universo, e em todos os séculos se provou que elas estavam erradas. Segue que a única coisa que nós podemos dizer sobre nosso "conhecimento" moderno é que está errado. O jovem citou então com aprovação o que Sócrates disse ao saber que o oráculo de Delfos o tinha proclamado o homem o mais sábio da Grécia: "se eu sou o homem o mais sábio", disse Sócrates, "é porque só eu sei que nada sei". A conseqüência era que eu era muito tolo porque tinha a impressão de saber bastante.

Minha resposta a ele foi esta: "John, quando as pessoas pensavam que a Terra era plana, elas estavam erradas. Quando pensaram que a Terra era esférica, elas estavam erradas. Mas se você acha que pensar que a Terra



é esférica é tão errado quanto pensar que a Terra é plana, então sua visão é mais errada do que as duas juntas".

O problema básico é que as pessoas pensam que "certo" e "errado" são absolutos; que tudo que não é perfeitamente e completamente certo é totalmente e igualmente errado.

Entretanto, eu penso que não é assim. Parece-me que certo e errado são conceitos nebulosos, e eu devotarei este ensaio a explicar por que eu penso assim.

... Quando meu amigo, o perito em literatura inglesa, me disse que em todos os séculos os cientistas pensaram ter entendido o universo e estavam sempre errados, o que eu quero saber é quão errados estavam eles? Todos estão errados no mesmo grau? Vamos dar um exemplo.

Nos primeiros dias da civilização, a sensação geral era que a Terra era plana. Não porque as pessoas eram estúpidas, ou porque queriam acreditar em coisas estúpidas. Achavam que era plana por evidências sólidas. Não era só uma questão de "parece que é", porque a Terra não parece plana. Ela é caoticamente irregular, com montes, vales, ravinas, penhascos, e assim por diante.

Naturalmente há planícies onde, em áreas limitadas, a superfície da Terra parece relativamente plana. Uma dessas planícies está na área do Tigre/Eufrates, onde a primeira civilização histórica (com escrita) se desenvolveu, a dos Sumérios.

Talvez tenha sido a aparência da planície que convenceu os Sumérios inteligentes a aceitar a generalização de que a Terra era plana; que se você nivelasse de algum modo todas as elevações e depressões, sobraria uma superfície plana. Talvez tenha contribuído com essa noção o fato que as superfícies d'água (reservatórios e lagos) parecem bem planas em dias calmos.

Uma outra maneira de olhar é perguntar qual é a "curvatura" da superfície da terra ao longo de uma distância considerável, quanto a superfície se desvia (em média) do plano perfeito. A teoria da Terra plana diria que a superfície não se desvia em nada de uma forma chata, ou seja, que a curvatura é 0 (zero) por milha.

É claro que hoje em dia aprendemos que a teoria da Terra plana está errada; que está tudo errado, enormemente errado, certamente. Mas não está. A curvatura da terra é quase 0 (zero) por milha, de modo que embora a teoria da Terra plana esteja errada, está quase certa. É por isso que a teoria durou tanto tempo.

Havia razões, com certeza, para julgar insatisfatória a teoria da

Terra plana e, por volta de 350 A.C., o filósofo grego Aristóteles as resumiu. Primeiro, algumas estrelas desapareciam para o hemisfério do sul quando se viajava para o norte, e desapareciam para o hemisfério norte quando se viajava para o sul. Segundo, a sombra da Terra na Lua durante um eclipse lunar era sempre o arco de um círculo. Em terceiro lugar, aqui na própria Terra, é sempre o casco dos navios que desaparece primeiro no horizonte, em quaisquer direções que viajem.

Todas as três observações não poderiam ser razoavelmente explicadas se a superfície da Terra fosse plana, mas poderiam ser explicadas supondo que a Terra fosse uma esfera.

E mais, Aristóteles acreditava que toda matéria sólida tendia a se mover para o centro comum, e se a matéria sólida fizesse isso, acabaria como uma esfera. Qualquer volume dado de matéria está, em média, mais perto de um centro comum se for uma esfera do que se for qualquer outra forma.

Cerca de um século após Aristóteles, o filósofo grego Eratóstenes notou que o Sol lançava sombras de comprimentos diferentes em latitudes diferentes (todas as sombras teriam o mesmo comprimento se a superfície da Terra fosse plana). Pela diferença no comprimento da sombra, calculou o tamanho da esfera terrestre, que teria 25.000 milhas (cerca de 40.000 km) de circunferência.

Tal esfera se encurva aproximadamente 0,000126 milhas por milha, uma quantidade muito perto de 0, como você pode ver, e que não seria facilmente mensurável pelas técnicas à disposição dos antigos. A minúscula diferença entre 0 e 0,000126 responde pelo fato de que passou tanto tempo para passar da Terra plana à Terra esférica.

Note que mesmo uma diferença minúscula, como aquela entre 0 e 0,000126, pode ser extremamente importante. Essa diferença vai se acumulando. A Terra não pode ser mapeada em grandes extensões com nenhuma exatidão se a diferença não for levada em conta e se a Terra não for considerada uma esfera e não uma superfície plana. Viagens longas pelo mar não podem ser empreendidas com alguma maneira razoável de encontrar sua própria posição no oceano a menos que a Terra seja considerada esférica e não plana.

Além disso, a Terra plana pressupõe a possibilidade de uma terra infinita, ou da existência de um "fim" da superfície. A Terra esférica, entretanto, postula que a Terra seja tanto sem fim como no entanto finita, e é este postulado que é consistente com todas as últimas descobertas.

Assim, embora a teoria da Terra plana esteja somente ligeiramente

errada e seja um crédito a seus inventores, uma vez que se considere o quadro todo, é errada o suficiente para ser rejeitada em favor da teoria da Terra esférica.

Mas a Terra é uma esfera?

Não, ela não é uma esfera; não no sentido matemático estrito. Uma esfera tem determinadas propriedades matemáticas - por exemplo, todos os diâmetros (isto é, todas as linhas retas que passam de um ponto em sua superfície, através do centro, a um outro ponto em sua superfície) têm o mesmo comprimento.

Entretanto, isso não é verdadeiro na Terra. Diferentes diâmetros da Terra possuem comprimentos diferentes.

O que forneceu a idéia de que a Terra não era uma esfera verdadeira? Para começar, o Sol e a Lua têm formas que são círculos perfeitos dentro dos limites de medida nos primeiros dias do telescópio. Isso é consistente com a suposição de que o Sol e a Lua são perfeitamente esféricos.

Entretanto, quando Júpiter e Saturno foram observados por telescópio pela primeira vez, logo ficou claro que as formas daqueles planetas não eram círculos, mas claras elipses. Isso significava que Júpiter e Saturno não eram esferas de fato.

Isaac Newton, no fim do século dezessete, mostrou que um corpo de grande massa formaria uma esfera sob atração de forças gravitacionais (exatamente como Aristóteles tinha proposto), mas somente se não estivesse girando. Se girasse, aconteceria um efeito centrífugo que ergueria a massa do corpo contra a gravidade, e esse efeito seria tão maior quanto mais perto do equador. O efeito seria tão maior quanto mais rapidamente o objeto esférico girasse, e Júpiter e Saturno certamente giravam bem rapidamente.

A Terra gira muito mais lentamente do que Júpiter ou Saturno, portanto o efeito deveria ser menor, mas deveria estar lá. Medidas de fato da curvatura da Terra foram realizadas no século dezoito e provaram que Newton estava correto.

Em outras palavras, a Terra tem uma protuberância equatorial. É achatada nos pólos. É um "esferóide oblato" e não uma esfera. Isto significa que os vários diâmetros da terra diferem em comprimento. Os diâmetros mais longos são os que vão de um ponto no equador a outro ponto oposto no equador. Esse "diâmetro equatorial" é de 12.755 quilômetros (7.927 milhas). O diâmetro mais curto é do pólo norte ao pólo sul e este "diâmetro polar" é de 12.711 quilômetros (7.900 milhas).

A diferença entre o maior e o menor diâmetro é de 44 quilômetros (27 milhas), e isso significa que a "oblacidade" da Terra (sua diferença em relação à esfericidade verdadeira) é 44/12755, ou 0,0034. Isto dá 1/3 de 1%.

Em outras palavras, em uma superfície plana, a curvatura é 0 em todos os lugares. Na superfície esférica da Terra, a curvatura é de 0,000126 milhas por milha todos os lugares [ou 8 polegadas por milha (12,63cm/km)]. Na superfície esferóide oblata da Terra, a curvatura varia de 7,973 polegadas por milha (12,59cm/km) a 8,027 polegadas por milha (12,67cm/km).

A correção de esférico a esferóide oblato é muito menor do que de plano a esférico. Conseqüentemente, embora a noção da Terra como uma esfera seja errada, estritamente falando, não é tão errada quanto a noção da Terra plana.

Mesmo a noção esferóide oblata da Terra é errada, estritamente falando. Em 1958, quando o satélite Vanguard I foi posto em órbita sobre a Terra, ele mediu a força gravitacional local da Terra - e conseqüentemente sua forma - com precisão sem precedentes. No fim das contas, descobriu-se que a protuberância equatorial ao sul do equador era ligeiramente mais protuberante do que a protuberância ao norte do equador, e que o nível do mar do pólo sul estava ligeiramente mais próximo o centro da terra do que o nível do mar do pólo norte.

Não parecia haver nenhuma outra maneira de descrever isso senão que dizendo a Terra tinha o formato de uma pêra, e muitas pessoas decidiram que a Terra não se parecia em nada com uma esfera mas tinha a forma de uma pêra Bartlett dançando no espaço. Na verdade, o desvio do formato de pêra em relação ao esferóide oblato perfeito era uma questão de jardas e não de milhas, e o ajuste da curvatura estava na casa dos milionésimos de polegada por milha.

Em suma, meu amigo literado em inglês, viver em um mundo mental de certos e errados absolutos, pode significar imaginar que uma vez que todas as teorias são erradas, podemos pensar que a Terra seja esférica hoje, cúbica no século seguinte, um icosaedro oco no seguinte, e com formato de rosquinha no seguinte.

O que acontece na verdade é que uma vez os cientistas tomam um bom conceito, eles o refinam gradualmente e o estendem com sutileza crescente à medida que seus instrumentos de medida melhoram. As teorias não são tão erradas quanto incompletas.

Isto pode ser dito em muitos casos além da forma da Terra. Mesmo

quando uma nova teoria parece representar uma revolução, ela geralmente surge de pequenos refinamentos. Se algo mais do que um pequeno refinamento fosse necessário, então a teoria anterior não teria resistido.

Copérnico mudou de um sistema planetário centrado na Terra para um centrado no Sol. Ao fazer isso, mudou de algo que era óbvio para algo que era aparentemente ridículo. Entretanto, era uma questão de encontrar melhores maneiras de calcular o movimento dos planetas no céu, e a teoria geocêntrica acabou sendo deixada para trás. Foi exatamente porque a teoria antiga dava resultados razoavelmente bons pelos padrões de medida da época que ela se manteve por tanto tempo.

Novamente, foi porque as formações geológicas da Terra mudam tão lentamente e as coisas vivas sobre ela evoluem tão lentamente que parecia razoável no início supor que não havia nenhuma mudança e que a Terra e a vida sempre existiram como hoje. Se isso fosse assim, não faria nenhuma diferença se a Terra e a vida tinham bilhões ou milhares de anos. Milhares eram mais fáceis de se entender.

Mas quando cuidadosas observações mostraram que a Terra e a vida estavam mudando a uma taxa que era minúscula mas não nula, a seguir tornou-se claro que a Terra e a vida tinham que ser muito antigas. A geologia moderna surgiu, e também a noção de evolução biológica.

Se a taxa de mudança fosse maior, a geologia e a evolução alcançariam seu estado moderno na antigüidade. É somente porque a diferença entre as taxas de mudança em um universo estático e em um evolutivo estão entre zero e quase zero que os criacionistas continuam propagando suas loucuras.

Uma vez que os refinamentos na teoria ficam cada vez menores, mesmo teorias bem antigas devem ter estado suficientemente certas para permitir que avanços fossem feitos; avanços que não foram anulados por refinamentos subseqüentes.

Os Gregos introduziram a noção de latitude e longitude, por exemplo, e fizeram mapas razoáveis da bacia mediterrânea mesmo sem levar em conta a esfericidade, e nós usamos ainda hoje latitude e longitude.

Os Sumérios provavelmente foram os primeiros a estabelecer o princípio de que os movimentos planetários no céu são regulares e podem ser previstos, e tentaram achar maneiras de fazê-lo mesmo assumindo a Terra como o centro do universo. Suas medidas foram enormemente refinadas mas o princípio permanece.

Naturalmente, as teorias que temos hoje podem ser consideradas erradas no sentido simplista do meu correspondente bacharel em literatura

inglesa, mas em um sentido muito mais verdadeiro e mais sutil, elas precisam somente ser consideradas incompletas.

Publicado na Skeptical Inquirer, Vol. 14 No. 1, Outono 1989, páginas 35-44